

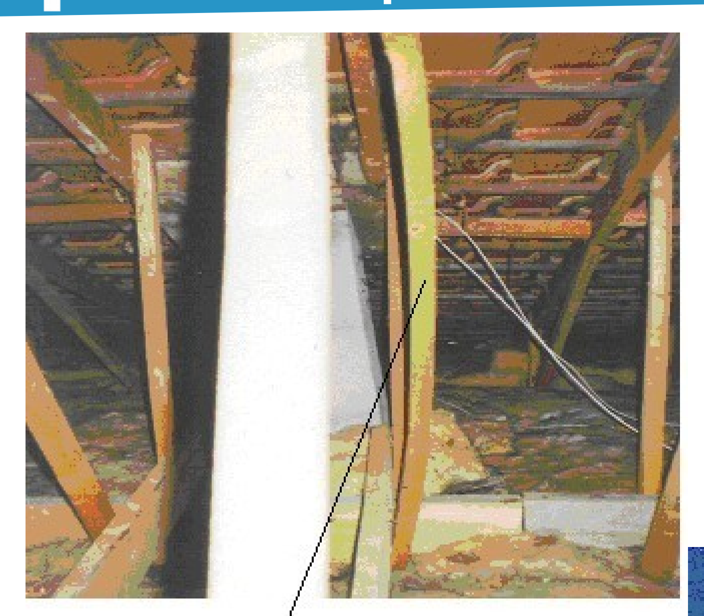


Construction Métallique
07- Vérification au flambement en compression simple

ISA BTP
ÉCOLE D'INGÉNIEURS

Philippe MARON Maître de conférences
ISABTP-UPPA

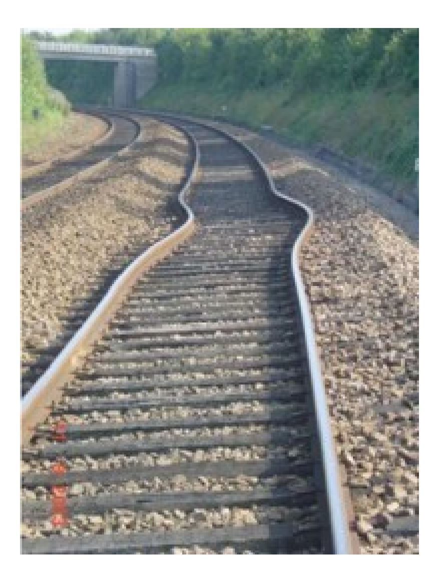
150Novembre
22001145



Cette barre a flambé

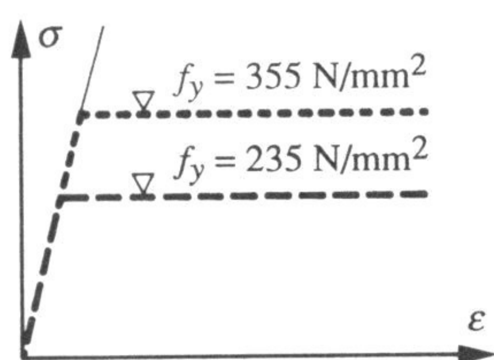
- http://www.qualiteconstruction.com/
- http://www.gramme.be/
- http://www.bastison.net
  http://www.bainieretudes.com/

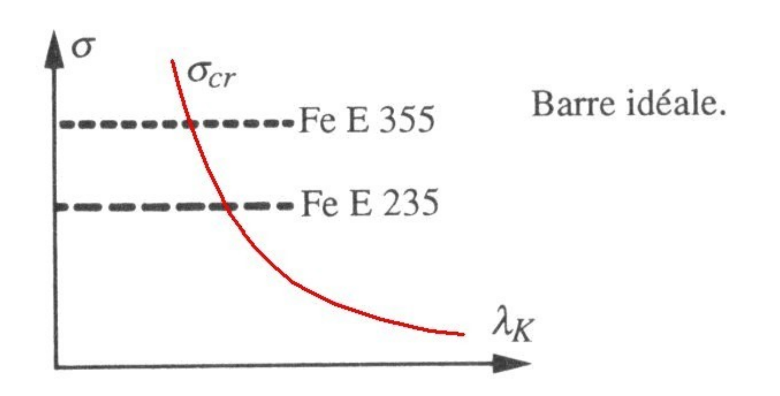




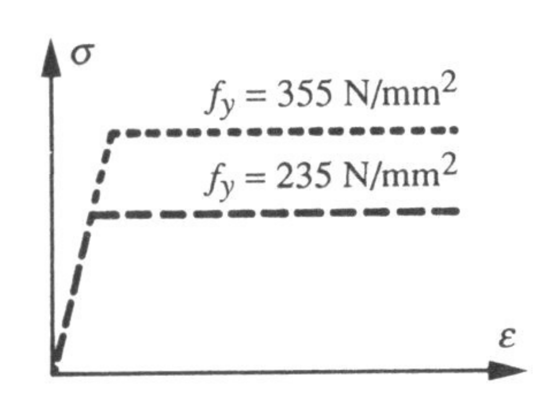
• Hyperbole d'Euler : Courbes $\sigma_k=f(\lambda)$

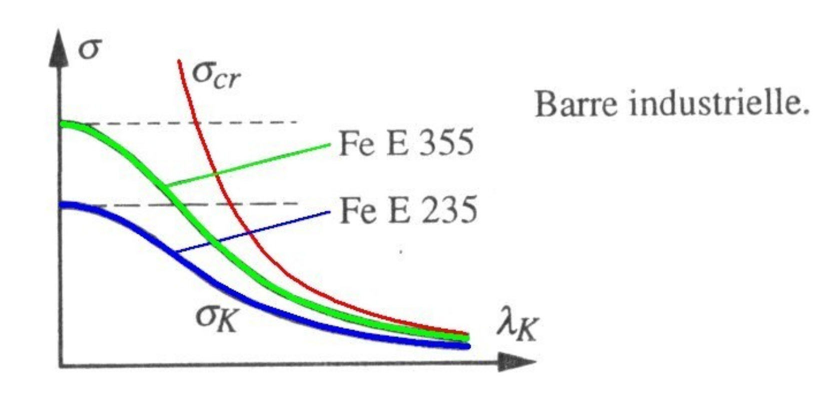
Acier : diagramme σ-ε idéalisé.



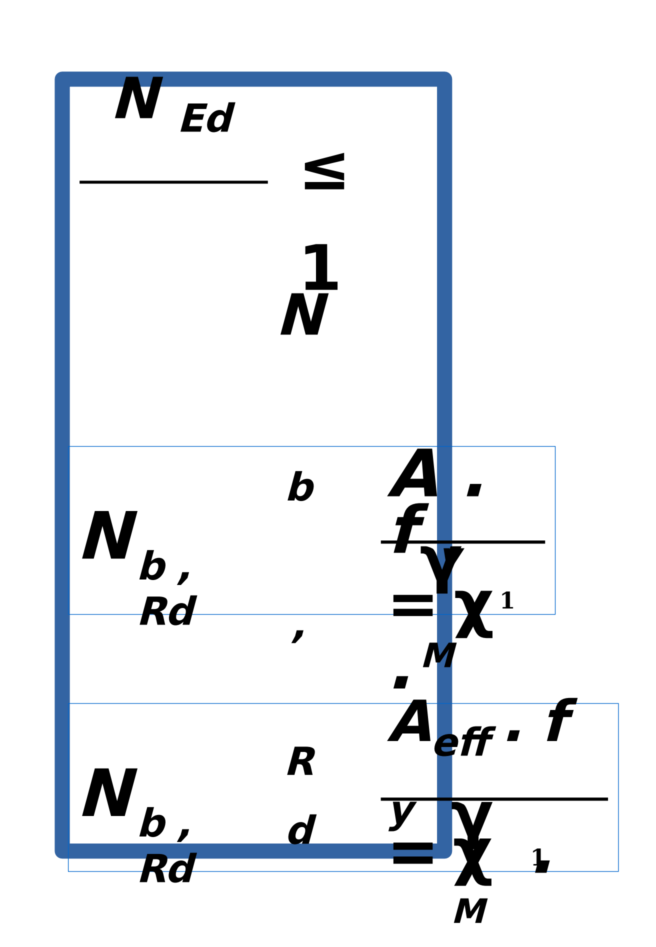


Acier : diagramme σ-ε idéalisé.





- **Il faut vérifier :**



$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

- **avec :**
  - Classe 1, 2, 3 :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi . A . f_y}{\gamma_{M1}}$$

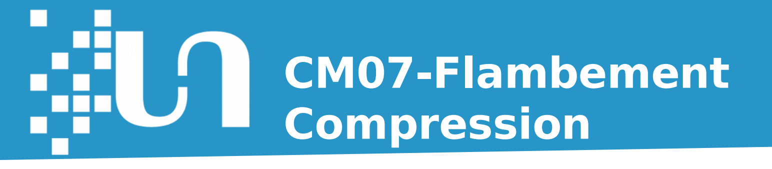
  - Classe 4 :

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi . A_{eff} . f_y}{\gamma_{M1}}$$

γ_{M1} : Coefficient partiel des barres aux instabilités (En France γ_{M1} = 1,1)

χ : Coefficient de réduction pour le mode de flambement

- **Remarque :**
  - On peut noter qu'en prenant χ=1, les formules sont pratiquement (γ_{M0}<=>γ_{M1}) identiques à celles que l'on utilise pour vérifier la tenue des sections à l'ELU ($N_{b,Rd}$ = $N_{c,Rd}$, cf. CM06).

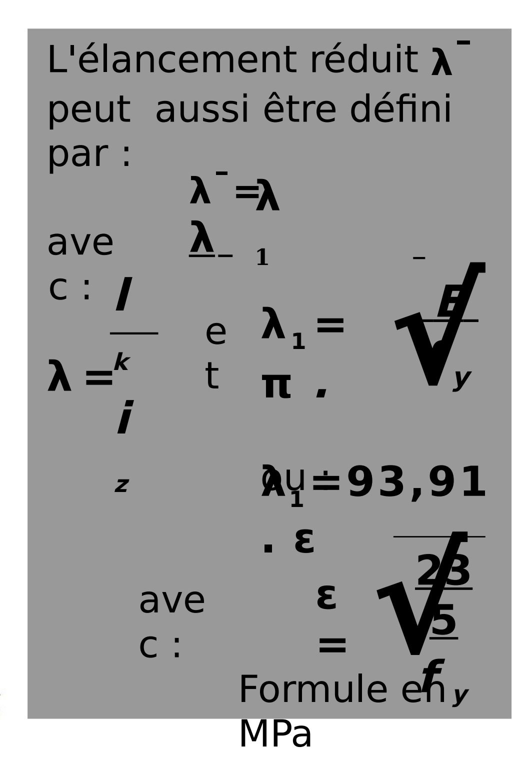




• Détermination du coefficient de réduction χ :

- fonction de :
  - l'élancement réduit $\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_k}}$
  - un coefficient α fonction d'une courbe de flambement dépendant de :
    - *La forme de la section du poteau*
    - *Les dimensions de la*

$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{l_k^2}$: Charge critique de flambement.



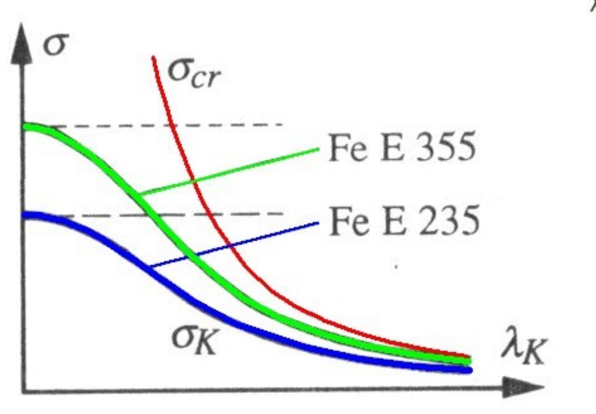
L'élancement réduit $\bar{\lambda}$ peut aussi être défini par :

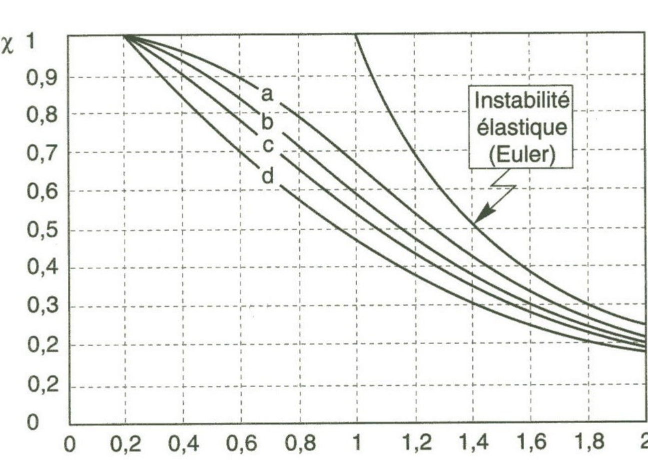
$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$

avec : $\lambda = \frac{l_k}{i_z}$ et $\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

ou $\lambda_1 = 93{,}91 \cdot \varepsilon$

avec : $\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$ Formule en MPa





- **Détermination du coefficient de réduction χ :**
  - courbe de flambement :

Section transversale		Limites		Flambement selon l'axe	Courbe de flambement S 235 S 275 S 355 S 420	Courbe de flambement S 460
Sections en I laminées	(h, b, t_f, y–y, z–z)	$h/b > 1,2$	$t_f \le 40$ mm	$y-y$	a	a_0
				$z-z$	b	a_0
			40 mm $< t_f \le 100$	$y-y$	b	a
				$z-z$	c	a
		$h/b \le 1,2$	$t_f \le 100$ mm	$y-y$	b	a
				$z-z$	c	a
			$t_f > 100$ mm	$y-y$	d	c
				$z-z$	d	c
Sections en I soudées	(t_f, y–y, z–z)	$t_f \le 40$ mm		$y-y$	b	b
				$z-z$	c	c
		$t_f > 40$ mm		$y-y$	c	c
				$z-z$	d	d

- **Exemple IPE 400 (S355):**
  - h=400mm et b=180mm, h/b=2,22 > 1,2
  - t_f=13,5 < 40mm
  - Autour de l'axe fort y-y => courbe de flambement *a*
  - Autour de l'axe faible z-z => courbe de flambement *b*

Section transversale		Limites	Flambement Selon l'axe	Courbe de flambement S 235 S 275 S 355 S 420	Courbe de flambement S 460
Sections creuses		Finies à chaud	Quelconque	*a*	a_0
Sections creuses		Formées à froid	Quelconque	*c*	*c*
Sections en caisson soudées		En général (sauf comme indiqué ci-dessous)	Quelconque	*b*	*b*
Sections en caisson soudées		Soud. épaisses : $a > 0,5\ t_f$; $b/t_f < 30$; $h/t_w < 30$	Quelconque	*c*	*c*
Sections en U, T et pleines			Quelconque	*c*	*c*
Sections en L			Quelconque	*b*	*b*

- **Exemple tube carré formé à froid (S355):**
  - Autour de l'axe fort y-y et de l'axe faible z-z => courbe de flambement *c*
- **Exemple Cornière en L (S355):**
  - Autour de l'axe fort y-y et de l'axe faible z-z => courbe de flambement *b*

• Détermination du coefficient de réduction χ :

- Calcul par :

$\Phi = 0,5.\left[1+\alpha\ .\left(\bar{\lambda} - 0,2\right)\ldots\right.$

Avec

Tab.6.3 : Facteur d'imperfection

Courbes de flambement	a_0	a	b	c	d
Facteur d'imperfection α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

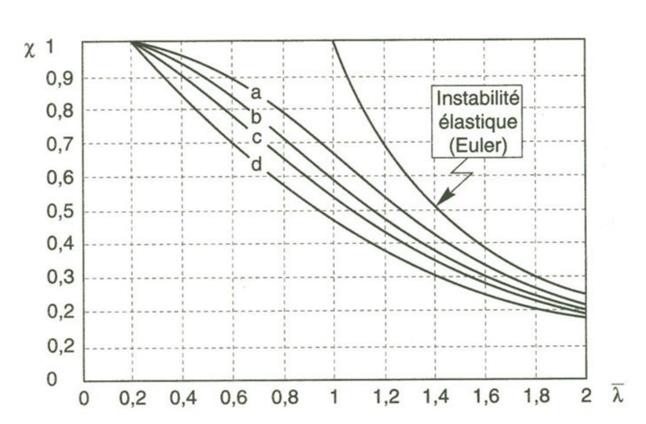


Fig.6.4 : Allures des courbes de flambement

Le calcul est mené autour de l'axe fort **ET** autour de l'axe faible, aboutissant à la détermination de χ_y et χ_z

On gardera :

$\chi_{min} = min\ (\chi_y\ ,\ \chi_z)$

la valeur de l'élancement le plus fort

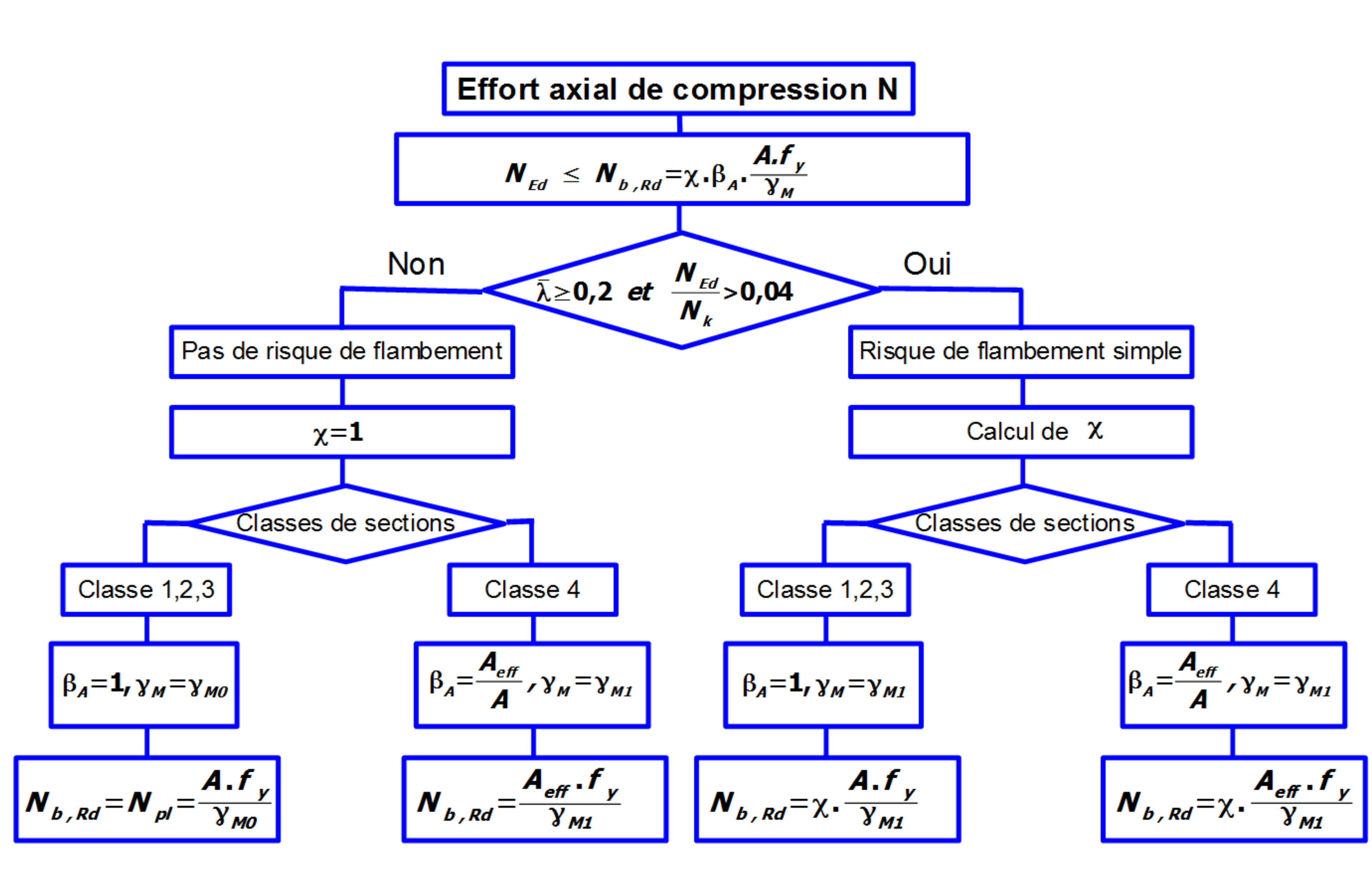
$\lambda_{max} = max\ldots$

- Puis $\chi = \dfrac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$ et $\chi < 1$

- **Remarques :**
  - Dans le cas d'un chargement inférieur à la valeur de la charge critique de flambement, il n'y a théoriquement pas de risque de flambement ; pourtant l'EC3 fixe une valeur limite à 4% de la charge critique (pour les éléments élancés)
  - Dans le cas d'une poutre faiblement élancée, le risque de flambement est nul : L'EC3 fixe la valeur limite à une valeur de l'élancement réduit $\bar{\lambda}$ inférieure à 0,2.

  => dans ces deux cas, la vérification à l'ELU se réduit à une vérification d'un dimensionnement suffisant de la section du poteau

  Voir organigramme de calcul d'un poteau en compression simple =>


Effort axial de compression N
$N_{Ed} \leq N_{b,Rd} = \chi.\beta_A.\frac{A.f_y}{\gamma_M}$
Non
Oui
$\bar{\lambda} \geq 0{,}2$ et $\frac{N_{Ed}}{N_k} > 0{,}04$
Pas de risque de flambement
Risque de flambement simple
$\chi = 1$
Calcul de χ
Classes de sections
Classes de sections
Classe 1,2,3
Classe 4
Classe 1,2,3
Classe 4
$\beta_A = 1, \gamma_M = \gamma_{M0}$
$\beta_A = \frac{A_{eff}}{A}, \gamma_M = \gamma_{M1}$
$\beta_A = 1, \gamma_M = \gamma_{M1}$
$\beta_A = \frac{A_{eff}}{A}, \gamma_M = \gamma_{M1}$
$N_{b,Rd} = N_{pl} = \frac{A.f_y}{\gamma_{M0}}$
$N_{b,Rd} = \frac{A_{eff}.f_y}{\gamma_{M1}}$
$N_{b,Rd} = \chi.\frac{A.f_y}{\gamma_{M1}}$
$N_{b,Rd} = \chi.\frac{A_{eff}.f_y}{\gamma_{M1}}$

CONTACT

Philippe MARON

ISABTP - UPPA

philippe.maron @univ-pau.fr





